

# **Las nuevas tecnologías de la información**

Fernando Sáez Vacas

Esta conferencia fue pronunciada en el Pontificio Colegio Español el día 20 de marzo de 1998 dentro del IV Ciclo "Fe y Cultura", titulado en esta ocasión: *Ciencias. Una puerta de acceso al mundo de hoy*.

Fernando Sáez Vacas es profesor de Sistemas telemáticos en la Escuela de Telecomunicaciones de Madrid.

## *1. Hacia un mundo de máquinas inmateriales*

En 1947 sólo había un ordenador y los expertos opinaban que se necesitarían como mucho 6 o 7 más para llevar todos los asuntos de Estados Unidos.

Hoy, 50 años después, puede haber en el mundo unos 300 millones de ordenadores personales y, según mis estimaciones, más de 10.000 millones de microprocesadores. La velocidad de cálculo de estos microprocesadores, del tamaño de un chip, y cuyo contenido y estructura son solamente visibles mediante un microscopio electrónico, se acerca ya a los 200 millones de instrucciones por segundo.

Por su parte, un chip microelectrónico de memoria tiene ya una capacidad de almacenamiento equivalente al texto de 100 libros y dentro de unos 12 años podrá almacenar de forma invisible unos 8.000 libros.

Dentro de otros 50 años se prevé que el número de procesadores en el mundo se habrá multiplicado por 100.000, por lo que podemos estimar que el número total de procesadores –100.000 veces más potentes que los actuales– será de 1000 billones de unidades. Es decir, a cada ser humano le corresponderán alrededor de 100.000 unidades.

Bueno, puede que me haya equivocado en alguno de los ceros, porque no hay que olvidar que la mente humana no tiene

capacidad para manejar ni números grandes ni números pequeños, pero lo que parece muy probable es que vivamos inmersos en un mundo atestado de máquinas de procesamiento de la información, invisibles y potentísimas, con las que ejecutaremos la mayor parte de nuestras tareas. Un universo funcional, de dimensiones y dinámica imperceptibles a nuestros sentidos, regido por los grandes números en cuanto a sus capacidades y por los números cuasi infinitesimales en cuanto a su composición y tamaño.

## 2. *Un poco de historia*

Muchas veces, la vorágine trepidante de los acontecimientos nos hace insensibles a su estructura misma y a su significado cultural y social. Nos instalamos como podemos en el presente, oteamos algo el futuro, pero raramente reflexionamos acerca del punto del que venimos para poder establecer un sistema de valoración, aunque sea intuitivo, respecto de los progresos tecnológicos en función del tiempo. Intentaré compensar esta mala costumbre durante unos minutos.

Partiré de un artículo de Herbert Simon, Premio Nobel de Economía de hace unos años, para sorpresa de los economistas, que no lo conocían. Es, además, uno de los padres de la Inteligencia Artificial, fundada en EEUU hacia mediados de los 50. Lo que decía el señor Simon, más o menos, es que, en la actualidad, cada nuevo día se anuncia una revolución. Cualquier innovación se anuncia siempre como una revolución, e incluso como un nuevo paradigma. Herbert Simon escribe que sería aconsejable adoptar

### REVOLUCIONES DE LA INFORMACIÓN (1)

1. Lenguaje escrito (Cuarto milenio a. C.)



2. Libro impreso (Galaxia Gutenberg, 1455)



3. Las T.I.C. (Galaxia de lo inmaterial, desde el siglo XVII)



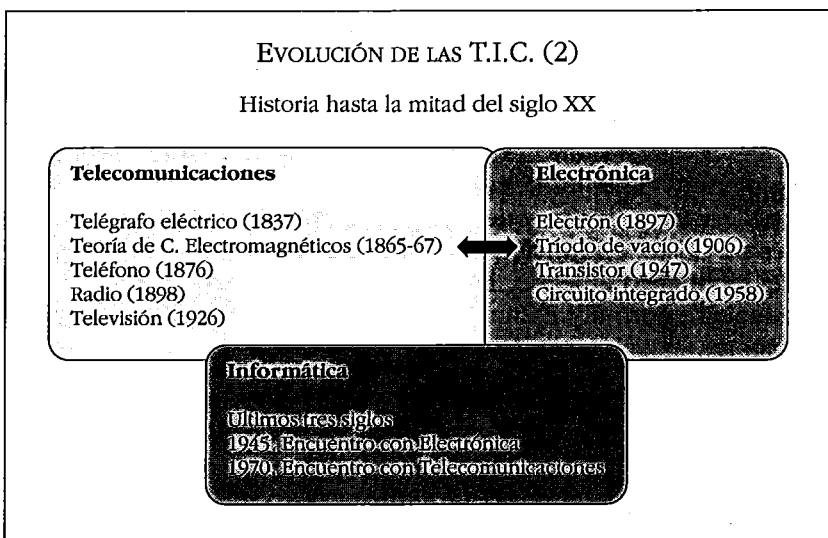
una perspectiva un poco más amplia. El motivo es sencillo: hay que tener en cuenta que, probablemente, estas revoluciones de cada día no son tales revoluciones, sino que obedecen a una secuencia de acontecimientos que se pueden rastrear a lo largo de la historia.

Según Simon, en la historia ha habido verdaderamente tres revoluciones de la información (cf. cuadro 1). La primera de ellas fue el lenguaje escrito, que puede datarse hacia el cuarto milenio antes de Cristo, en función de que se hable del lenguaje jeroglífico o del lenguaje alfabético. Este acontecimiento ha tenido una trascendencia enorme y marca, como todos sabemos, el principio de la historia.

La segunda revolución de la información acontece con la creación de la imprenta, y es lo que se llama la "Galaxia Gutenberg". Hay que tener en cuenta que la Galaxia Gutenberg, que en este momento está en lucha con la "Galaxia Electrónica" o "Galaxia de lo Inmaterial" o, como podría empezar a llamarse, la "Galaxia Ciberespacial", se inició hace algo más de 500 años.

Y por último, dice Simon que ha ocurrido una tercera revolución de la información, que es la revolución correspondiente a las actuales tecnologías de la información y de la comunicación. Su comienzo lo deberíamos buscar a mediados del siglo pasado o, siendo más rigurosos, a mediados del XVII, y siendo totalmente rigurosos incluso mucho antes. Con esta perspectiva histórica, resulta un tanto confuso hablar, como ahora se hace continuamente, de "las nuevas tecnologías de la información". ¿A partir de qué instante es procedente el calificativo de "nuevas"?

A continuación analizaremos de manera general la evolución de las tecnologías de la información y de la comunicación, destacando algunas ideas en cuanto a las secuencias principales y su relación entre sí (cf. cuadro 2). Tenemos por un lado las telecomunicaciones, con unas fechas que son, más o menos, conocidas por casi todo el mundo, pero que cuando se tienen delante de los ojos todas juntas crean un impacto especial. Por ejemplo, el telégrafo eléctrico es del año 1837; la teoría de los campos electromagnéticos es del 1870; el teléfono hace solamente 120 años que se inventó; la radio es de 1898, justamente 100 años; la televisión es ya de este siglo y hay una serie de tecnologías de la información, que no pertenecen propiamente al mundo de las telecomunicaciones, de enorme trascendencia por su impacto, tales como: la telescopía, la micro-copía, la fotografía y la cinematografía.



Por otro lado, tenemos la electrónica: en general, la electricidad, la electrotecnia y tecnologías afines. Algunos hitos importantes en estas ramas han sido, por ejemplo:

El electrón, que se descubrió en el año 1897, de historia apasionante. El electrón, esa sutil partícula subatómica, apenas material (cuyo tamaño, de no ser nulo, es 5.000.000 de veces menor que el de un átomo), es –increíblemente– la base física del universo de máquinas que hemos descrito en la primera sección. Ahora, 100 años después de su descubrimiento, este corpúsculo sigue siendo un gran misterio; para algunos físicos sólo sería un modo de vibración de objetos unidimensionales inmensamente pequeños y aún desconocidos. Según estas teorías, aún no habríamos llegado a los límites de la indivisibilidad de la materia.

El triodo de vacío, en el año 1906 y el transistor, perteneciente a la electrónica de estado sólido, con la importancia que ha tenido para la humanidad, en el año 1947.

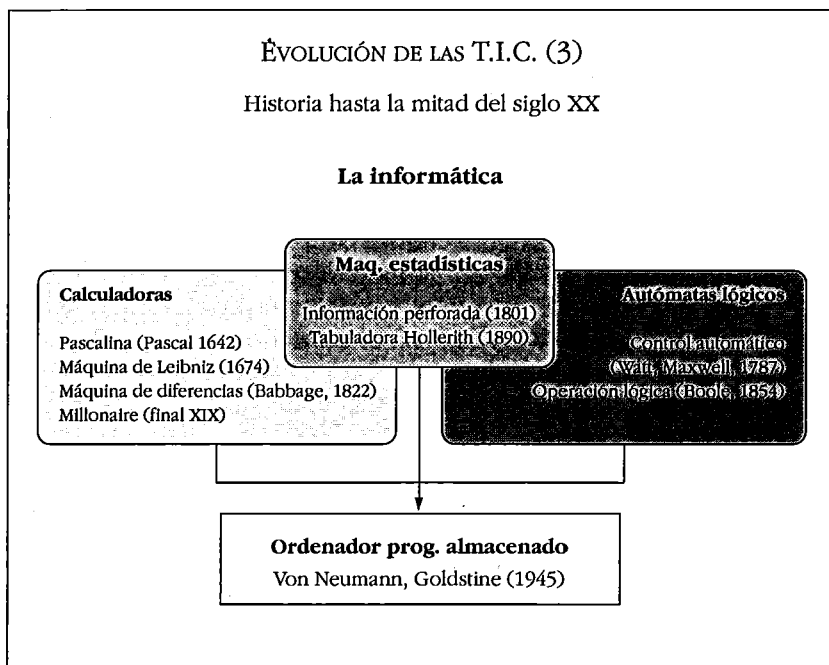
El circuito integrado, como evolución del transistor y otras tecnologías de semiconductores, se descubrió en el año 1958.

Como vemos, se pone de manifiesto que el ser humano anterior a estos tiempos de tanta modernidad no estuvo precisamente de manos cruzadas, por el contrario, “las revoluciones” que hay ahora se nutren de lo que previamente se hizo. Hay una especie

de cadena de continuidad que llega hasta el momento presente de eslabón en eslabón.

Finalmente, tenemos el último e importantísimo campo que, como todos sabemos ya, es la informática. Por lo general, se tiende a pensar que la informática es de anteayer, porque el ordenador propiamente dicho nació hace unos 50 años, pero sus orígenes modernos datan de hace, por lo menos, tres siglos.

Antes de hacer una breve glosa histórica de la informática, debo resaltar que todas estas tecnologías, que más o menos nacen y se desarrollan por separado en muchos momentos, llegan a un punto en el tiempo cuando se empiezan a entrelazar. Finalmente, hay una fase, que es en la que estamos, en la que funcionan de forma muy imbricada, produciéndose lo que se llama la sinergia tecnológica. Así, hacia el año 1970 la informática se encuentra con las telecomunicaciones, originando lo que se denominó el teleproceso. Hoy día son prácticamente inseparables las fronteras entre estas tecnologías, por ello tienden crecientemente a ser denominadas "tecnologías de la información y de la comunicación".



Dediquemos ahora unas palabras a la historia de la informática (cf. cuadro 3). Simplificando, ésta es el fruto de tres ramas que convergen en una sola a mediados de este siglo. Una de estas ramas es la de las calculadoras: la "Pascalina" del año 1642, la máquina de Leibniz del año 1674, la máquina de diferencias de 1822 y una máquina calculadora que se llamaba "Millonnaire" de finales del siglo XIX.

Respecto a las calculadoras hay una anécdota que mucha gente no conoce. Al final del siglo XIX un español llamado Ramón Barea inventó una máquina tan buena como la "Millonnaire" y la patentó en Nueva York. Este quijotesco caballero no quiso sacar ningún beneficio de ella, y cuando le preguntaron los periodistas el motivo, comentó que lo único que quería demostrar era que un español es capaz de hacer lo que cualquier otra persona.

Otra rama de la informática está formada por los autómatas lógicos, que nos remite al control automático, los reguladores de Maxwell y otros elementos hacia el año 1760. La operación lógica procede de las elucubraciones de George Boole, matemático y filósofo, allá por el año 1850.

La tercera rama está formada por las máquinas estadísticas, con las que se desarrollan la información perforada y la tabuladora.

Estas tres ramas que acaban de describirse, pertenecientes en sentido amplio a la "tecnología informática", son genialmente sintetizadas en los últimos años 30 y primeros 40 por matemáticos e ingenieros como Turing, Von Neumann o Goldstine en el invento del ordenador de programa almacenado o, dicho brevemente, el ordenador. Podemos asegurar de manera tajante que esta máquina, este concepto, no habría podido surgir sin la aportación de Pascal, de Boole, de Babbage o, yendo todavía más lejos, de los indios que en el siglo V inventaron el cero como pieza indispensable para la notación posicional de numeración moderna. El ordenador es, pues, un invento de la humanidad.

### *3. Los últimos 50 años*

Lo que ha ocurrido después ha sucedido muy vertiginosamente, pero pueden destacarse algunas líneas generales.

Las tecnologías de la información se han asentado como tecnologías de la información y de la comunicación, definidas por

tres factores comunes: a) uso generalizado de los circuitos electrónicos de muy alta integración y de los circuitos optoelectrónicos; b) digitalización de la información; y c) informatización extensiva de las tecnologías.

Digitalizar significa representar cualquier información, con independencia de que sea la señal de un sismógrafo, una imagen, una palabra, texto escrito o datos de diverso tipo, mediante un mismo formato, que es el formato binario, y con la posibilidad de utilizar diferentes códigos de información.

Una vez digitalizada la información, puede ser tratada de forma unificada por un ordenador (en general, por un procesador digital), como sucede por ejemplo con los contenidos de música, vídeos, gráficos, voz, dibujos animados y texto almacenados en un cd-rom. El computador digital, u ordenador, a partir de ese instante, se convierte en la pieza auténticamente maestra de las tecnologías de la información, por su potencia, por su versatilidad y por su compatibilidad. Es la máquina que, gracias al software, algo totalmente inmaterial, introduce inteligencia. El ordenador es la máquina universal.

Las comunicaciones, las redes, las centrales telefónicas y los centros de conmutación, hoy en día, no son otra cosa que grandes y complejos ordenadores especialmente adaptados a un determinado trabajo. Los que llaman servicios inteligentes o servicios de valor añadido son posibles gracias a la informática.

Si hubiera que destacar en forma muy rápida algunas cumbres actuales o futuras de la aplicación de tales tecnologías, por su espectacularidad o difusión, mencionaría Internet, las inforpistas o autopistas de la información y el multimedia.

De todos es conocido que Internet es una red que conecta decenas de miles de redes, es la madre de todas las redes. Con ella se consiguen romper las barreras comunicativas del tiempo y del espacio. Parece que ya se han conectado unos 150 millones de personas en el mundo, 1,2 millones en España, y la usan para servicios tales como el correo electrónico, la búsqueda de informaciones sobre ciencia, política, arte, meteorología y cualquier otro asunto, la constitución de comunidades o negocios virtuales, o el intercambio de documentos de cualquier tipo, desde artículos, libros o informes, hasta planos, imágenes, voz, etc. Como dice Paul Virilio, la velocidad electrónica ha abolido la distancia física. En estos momentos, Internet es la estrella del firmamento social.

¿Qué son las inforpistas? Según el famoso informe de Gore y Clinton es "una malla inconsútil de redes de comunicaciones, computadores, bases de datos y productos de electrónica de consumo capaz de poner ingentes cantidades de información en las puntas de los dedos de los usuarios". ¿Es? o ¿será? Más de lo segundo que de lo primero porque, en realidad, aunque la primera gran inforpista mundial es Internet, ésta, en su estado actual, no tiene la capacidad ni la velocidad suficientes para transmitir de manera razonable los contenidos auténticamente multimedia. Pero se está en ello, desarrollando a toda prisa ésta y otras infraestructuras de comunicación.






El destino final de las inforpistas es servir de cauce a la información multimedia, es decir, el conjunto unificado –digitalizado, claro está– de sonidos, imágenes estáticas, vídeos animados, palabras habladas, textos y datos, todo ello servido a distancia y a ser posible de forma cada vez más interactiva. El cauce por el que se persigue recibir en casa, en la oficina, en el colegio las mejores escuelas, maestros y cursos; los inmensos recursos del arte, la literatura y la ciencia; servicios de salud on-line; teletrabajo; pedidos electrónicos para la industria; acceso a la información de la Administración y a los funcionarios gubernamentales; televisión interactiva, vídeo a la compra y telecompra, etc.

El tirón del multimedia está propiciando una convergencia inusitada de las industrias y sectores de la informática, las telecomunicaciones, el audiovisual y la electrónica de consumo. Tenemos televisores informatizados para navegar por Internet, ordenadores personales que sintonizan televisión analógica y pronto ordenadores personales con sintonizadores de televisión digital.

#### 4. *La era digital*

En una conferencia que di el año 1997 en la Universidad Complutense de verano, me permití hablar de la Era Digital como de una etapa en la que presuntamente hemos entrado o estamos a punto de hacerlo. Continuaba así y completaba una tabla publicada en el suplemento Time Digital, de la revista Time, en noviembre del año 1995. En ella se reseñaba de una manera impactante y original, unificado mediante una serie de eras, un surtido de inventos importantes (cf. cuadro 4).



LA ERA DIGITAL (4)	
<b>Revolución industrial (1733-1878)</b>	
Telar, máquina de vapor, telégrafo, teléfono	
<b>Era de la electricidad (1879-1946)</b>	
Bombilla, vuelos avión, válvulas de vacío, ordenador, radio, televisión	
<b>Era de la electrónica (1947-1972)</b>	
Transistor, ordenadores grandes, satélite de comunicaciones, circuito integrado, red ARPA, magnetoscopio color	
<b>Era de la información (1973-2000)</b>	
Microprocesador, ordenador personal, fax, fibra óptica, telefonía celular, cd-rom, Internet, realidad virtual, wimp	
<b>Era digital/ciberspacial (2001- )</b>	
Convergencia de tecnologías, interoperabilidad de las redes, multimedia distribuido, interfaces naturales "home nets", "body nets", computadores ubicuos, ciberespacio	

Curiosamente, al periodista científico autor de este trabajo le dio por llamar a la etapa comprendida entre el año 1733 y el 1878 "Revolución industrial". En dicha etapa se hablaba del telar, de la máquina de vapor, del teléfono y del telégrafo, es decir, de una serie de inventos importantes. Pero está claro que la intención de la revista era la de reflejar, sobre todo, las tecnologías que tienen que ver con la información. Lo que quiero resaltar ahora es, por un lado, la densidad de grandes inventos y, por otro, visualizar cómo, en distintas eras, se han creado inventos que van siendo superados –mejor sería decir devorados rápidamente– por nuevos inventos. La tecnología se devora a sí misma, o, mejor, devora a su versión antecesora, invirtiendo con ello el mito de Saturno.

La "Era de la electricidad" venía definida por el periodo comprendido entre el año 1879 y el 1946. Aquí citaban el invento de la bombilla incandescente, de inmenso impacto, aunque a estas alturas nos parece cosa de niños. Hace poco se hizo una encuesta en la

revista Newsweek y cuando se preguntaba a la gente por los diez inventos más importantes que conocía, entre ellos estaba la bombilla. La bombilla, junto a los vuelos regulares de avión, supuso un cambio importante en nuestra forma de vida. Centrándonos en el tema, empezamos a hablar de las válvulas de vacío, de la electrónica, del ordenador, que aparece en los años 40, de la radio y la TV.

El hecho de que se denomine la "Era de la electricidad", y que aparezcan estos instrumentos de la tecnología de la información lo único que indica es que más adelante se va a notar un gran impacto y de una mayor importancia. Como, por ejemplo, el afloramiento de otra serie de técnicas que pueden estar integradas bajo el nombre de "Era de la información".

La "Era de la electrónica", según el periodista, comenzaba en el año 1947, fecha en la que se inventó el transistor. Parece mentira, pero hace solamente 50 años de ello. Posteriormente se inventan los ordenadores grandes, los "mainframes", en el año 1964, y más tarde el satélite de comunicaciones. Actualmente existen muchos satélites en uso, pero el primer satélite enviado al espacio fue el Sputnik en la década de los 50.

Para muchas personas, como es mi caso, dicho lanzamiento fue lo que marcó precisamente mi orientación hacia la ingeniería de telecomunicación, en el año 1957. El circuito integrado, como se ha dicho antes, está en la misma era que el transistor, pero 11 años después. Para acabar, están también la red ARPA, que ha dado lugar a Internet, el magnetoscopio de color y varias cosas más.

Por último, en la revista aparecía la que llamaban "Era de la información", que empezó, según ellos, en el año 1973. Y ¿cuándo terminará? Esto de las eras es convencional, por lo que como dije antes me tomé la libertad de cerrar esta Era de la Información para empezar otra nueva, la "Era Digital", pongamos en el año 2000, que es fecha redonda.

En la "Era de la información" surgieron el microprocesador, que es un circuito integrado, la piedra angular de la informática actual; el ordenador personal, que antes no existía; el fax; la fibra óptica; la telefonía celular; el cd-rom; Internet; la realidad virtual y las interfaces de usuario gráficas, con los ratones y las ventanas.

Cuando veo esto y reflexiono al respecto, me asombro: resulta que nací al final de la era de la electricidad, he vivido las eras de la electrónica y de la información y ahora voy a entrar en la era digital. ¡Es maravilloso! ¡Qué reto tener el lujo, y también el pro-

blema, de vivir, adaptarme y enseñar a generaciones distintas que nacen en tan diferentes y vertiginosas eras!

Para mí la Era Digital sólo representa una frontera técnica. Que luego venga la sociedad digital, o el Homo Digitalis, como algunos dicen, ya es una cuestión de adaptación social, cultural, antropológica y es seguro que esa evolución será más lenta, compleja y tal vez dolorosa que la de la tecnología. Después, hablaremos algo sobre este asunto.

He elegido para representar la Era Digital una mano con los dedos en V, porque etimológicamente "digital" viene de dedos y porque la V de victoria expresa la culminación de siglos, incluso milenios, de esfuerzos del ingenio y la creatividad humanos.

Los mejores expertos mundiales, reunidos en marzo del año 1997 con motivo de la celebración del cincuentenario del primer ordenador, han descrito las grandes líneas de la "arquitectura del ciberespacio" de los próximos cincuenta años. El centro de gravedad del sistema mundial de la información serán las redes, que es el ciberespacio propiamente dicho. Donde se dice "redes" debemos entender la red de redes, Internet, o su heredera, dotada de las capacidades necesarias para cursar el tráfico de miles de millones de máquinas conectadas entre sí por miles y miles de redes de todo tipo: redes de larga distancia, redes locales, redes domésticas, redes de sistemas y redes corporales.

Hemos dicho que habrá un sinnúmero de máquinas digitales, bien sean ordenadores grandes, ordenadores personales, ordenadores de red, teleputadores, compuvisores, computadores ubicuos, según las aplicaciones. Los computadores ubicuos, por ejemplo, son computadores integrados en las cosas. Son computadores que no se verán, estarán metidos en las cosas, distribuidos por todas partes —por eso se llaman ubicuos—, y conectados a través de redes electrónicas y digitales. No sé si alguno de ustedes habrá oído hablar de los programas de investigación sobre las "cosas que piensan". Trata de meter ordenadores completos dentro de elementos cotidianos, para que estas cosas se comuniquen entre ellas y cooperen cuando sea necesario. Así, el frigorífico podría comunicarse con el coche y decirle que falta leche descremada, computadores ocultos en las paredes podrían insonorizar nuestra casa y ordenadores en los interruptores de la luz podrían graduar la intensidad luminosa de la habitación.

Por último, y con esto ya terminamos de representar la archi-

tectura del ciberespacio, existirán interfaces y sensores. Las interfaces de comunicación entre las plataformas y el ser humano o los sensores de comunicación con el mundo físico. Las interfaces de comunicación de las máquinas con el ser humano se inspiran crecientemente en los progresos de la inteligencia artificial.

Por lo dicho hasta aquí, parece muy previsible que una parte muy grande de las relaciones y actividades humanas y de la relación de los seres humanos con el mundo físico y con el mundo artificial se producirá a través de una gran máquina digital formada por miles de millones de máquinas digitales conectadas.

Las consecuencias serán gigantescas, aunque ahora somos incapaces de evaluarlas. Un ejemplo, meramente operativo y trivial por comparación con los cambios que nos esperan, lo leí el domingo pasado en una carta al director de un periódico: "Hace poco me robaron mi ordenador portátil, donde tenía guardados archivos de la empresa, manuscritos, correo electrónico, material muy importante. Ha sido una pérdida devastadora". ¿No es un peligro llevar la vida entera en un aparato?

### 5. *La tecnología lo cambia todo*

Mientras crece y crece esta máquina, crece también el rechazo social y de ello hay pruebas abundantes y continuas. Muchos ven en ella la representación de todos los males y desastres y algunos la visualizan como el avance de la barbarie. Citaré un par de textos de escritores muy conocidos.

El escritor colombiano Alvaro Mutis comenta: "¿Medios de comunicación? Medios de incomunicación los llamaría yo. Comunicarse es sentir el calor de la otra persona, compartir un estado de ánimo y así se entendió en la Grecia clásica, o en la Edad Media. El gran fallo de estas máquinas electrónicas es que no pasan un solo sentimiento. Detesto todos los medios electrónicos de comunicación. El Internet me parece un invento del diablo".

Y ahora unos extractos del discurso de Francisco Umbral, en la ceremonia de entrega de los Premios Príncipe de Asturias 1996: "Quiero decir que sólo la cultura, ese saber del hombre sobre el hombre puede salvar el mundo, y aún salvarnos de la barbarie técnica o guerrera, de la tecnología beligerante, como en un cuento de hadas cibernéticas...". "Estamos rodeados, no me asusta

decirlo, los robots, los misiles y los dioses antiguos han armado su guerra contra la vieja Europa”.

Cada uno es muy libre de reaccionar como quiera ante la tecnología, pero no me parece bien que personajes tan ilustres y cultos categoricen a la Técnica y a las Humanidades en espacios separados y en alturas diferentes. Por otro lado, entiendo que lo hagan, pero su reacción es más emocional que reflexiva. El arte y la literatura tienen un enorme poder evocador. Yo también experimento un secuestro emocional al contemplar las pinturas de la Capilla Sixtina, me produce síndrome de Estocolmo, y ahora se me está haciendo cuesta arriba hablar de cosas tan frías como el electrón y esas máquinas, cuyos chips componentes están formados por millones de piezas sólo visibles al microscopio o por instrucciones totalmente inmateriales. El arte y la cultura nos entran en el corazón, pasando primero por los sentidos y por el cerebro, a lo que ayudan los muchos años de culturización, los millones de libros, de discos, de reproducciones, de vídeos. ¿Quién no ha visto alguna vez en su vida el Juicio Final o La *Pietà* reproducidos en libros de texto, estampas o películas, o físicamente en su lugar real? ¿Quién no ha oído una y otra vez las óperas más conocidas? ¿Quién no conoce las dudas de Hamlet o la locura generosa de Don Quijote?

En ese sentido, la tecnología moderna lo tiene todo en contra: no entra precisamente por los sentidos, no perdura, no es museable y cambia demasiado nuestras vidas, dejando poco sitio a la quietud y la nostalgia. Y sin embargo, es la obra del hombre. El modo de adaptarse el ser humano al medio ambiente se debe más a su evolución cultural que a su evolución biológica, evolución cultural que es también y de forma trascendental progreso científico y tecnológico.

Esto nos lo muestra muy bien Georges Ifrah, quien, en su monumental libro *Historia Universal de las Cifras*, nos describe la historia de los números y del cálculo, una parte en definitiva de la informática, como uno de los mayores logros de la inteligencia humana, que ha “requerido los esfuerzos imperecederos de un importante número de sabios, filósofos, visionarios, inventores, ingenieros, matemáticos, físicos y técnicos provenientes de todos los países y de todos los horizontes desde tiempos remotos (...). En suma —escribe— la aparición de los ordenadores ha constituido, sin duda alguna, la realización de una multitud de sueños y nece-

sidades, en una síntesis gigantesca formada por una cascada de invenciones y de innovaciones, al cabo de una evolución muy lenta, cuyos comienzos se remontan a la noche de los tiempos...”.

Una síntesis cultural de humanismo y tecnología es lo que me parece a mí que es, y me satisface mucho reconocerlo, la nueva Biblioteca de Alejandría, que, bajo los auspicios de la UNESCO, se construye actualmente con vistas a ser inaugurada en 1999. Su edificio circular de diez plantas, inclinado hacia el mar, es una imagen del antiguo sol egipcio. Su techo inclinado, compuesto por piezas rectangulares de cristal y aluminio, está inspirado en las obleas donde se fabrican los microchips de ordenador. La Biblioteca, que es un centro de investigación orientado a la cultura egipcia y la cultura mediterránea, lo mismo que al antiguo Egipto cristiano y musulmán, estará dotada con los mayores avances tecnológicos de biblioteconomía y conexión a Internet.

En el fondo de las reacciones hay un gran miedo al cambio. Siempre ha habido cambios y siempre ha habido miedo al cambio. Miremos, por ejemplo, el reloj mecánico. Dicen que se originó en los monasterios benedictinos allá por los siglos XII y XIII, con el propósito de proporcionar una regularidad a las rutinas monacales y mover las campanas en los momentos convenientes a los rezos diarios. Lo que no estaba previsto es que este mecanismo se generalizaría hasta sincronizar las acciones humanas. A mediados del XIV, el reloj se había secularizado para regular la vida laboral y comercial, la vida productiva en suma, hasta el punto de que se dice que sin él no existiría el capitalismo. En 1370, el rey Carlos V ordenó a los ciudadanos de París sincronizar sus actividades por las campanas del reloj de Palacio, que sonaba cada 60 minutos, y todas las campanas de las iglesias de París debían regularse, a despecho de sus horas canónicas, con el palacio. Un instrumento que se había creado para la observancia religiosa se convertía en un instrumento imprescindible para la vida civil.

La imprenta, por su parte, arrasó toda la epistemología de la tradición oral, con consecuencias en todos los órdenes de la vida que aún no han terminado de desarrollarse plenamente. La concepción heliocéntrica del universo, basada en Aristarco de Samos, en Copérnico, en Kepler, en Galileo, y apoyada experimentalmente por el invento del telescopio, cambió también algunas cosas. A Galileo le causó no pocos problemas, precisamente por esta zona geográfica.

Hay que reconocer, sin embargo, que el bombardeo tecnoló-

gico es hoy más granado y más profundo. Afecta a todas las actividades humanas, pero sobre todo a la propia identidad física y espiritual del ser humano, a la realidad que éste percibe, a sus valores, incluso a lo que es la vida misma, si nos referimos a las tecnologías biogenéticas.

Por ejemplo, el dinero electrónico: el dinero se ha convertido en información. Los robots, la inteligencia artificial, simulan la inteligencia humana, las máquinas pueden “ver”, podemos hablarles y ellas a nosotros. La telefonía celular: la comunicación por voz se libera del anclaje a un punto espacial fijo. La edición electrónica: 500 años después de la imprenta de tipos móviles, cualquiera puede, con un ordenador personal, editar un libro, un folleto, un periódico o un informe de calidad sin ser un experto en artes gráficas. La tecnología de imágenes médicas, como el P.E.T. (tomografía de positrones) que prácticamente permite registrar el flujo de actividad mental. El correo electrónico, que puede llegar a ser el sistema instantáneo de correo universal. El filósofo Echeverría, en su ensayo *Los Cosmopolitas Domésticos*, nos explica cuán profundamente las tecnologías de la información y de las comunicaciones han cambiado, casi sin darnos cuenta, el concepto de ámbito hogareño.

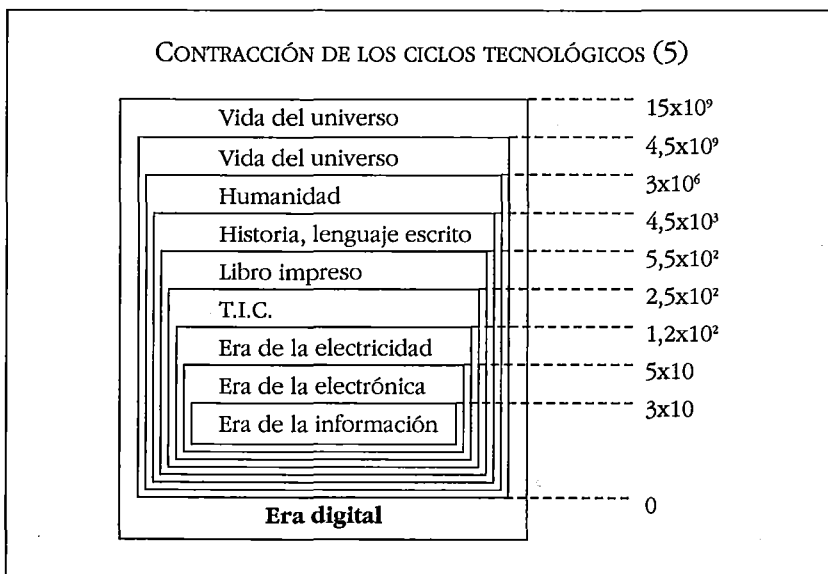
## 6. *La aceleración del cambio*

Cualquiera de los cambios propiciados por la tecnología implica oportunidades y riesgos. Internet nos trae la posibilidad de leer cientos de periódicos y revistas de cualquier parte del mundo, el correo electrónico, las bibliotecas, el arte, la medicina..., pero también pornografía infantil, pérdida de productividad en las empresas, contaminación y saturación informativa, etc. La Inteligencia Artificial puede traernos pérdida de la autoestima, pero también interfaces para discapacitados, robots para tareas peligrosas. La informática nos proporciona comodidad, limpieza, productividad, junto a piratería, delincuencia, virus informáticos, intrusión en la intimidad de nuestros datos.

Lo peor en realidad es que tenemos que afrontar estos riesgos y oportunidades sin tiempo para asimilarlos, porque los cambios son excesivamente rápidos, por eso ya no se habla de la velocidad del cambio sino de la aceleración del cambio (cf. cuadro 5).

Si talonamos la vida del universo por cifras aproximadas, esa vida del universo se extiende a un periodo de  $15 \times 10^9$  años. La vida de la Tierra es mucho menor que la del universo,  $4,5 \times 10^9$ . Según parece, la humanidad tiene unos tres millones de años, que es muchísimo menos. La historia, el lenguaje escrito, tiene una vida de  $4,5 \times 10^3$ .

Pasamos de órdenes de magnitud de  $10^9$  a los momentos actuales, donde hemos medido por eras, con órdenes de magnitud de decenios. Pongamos, por ejemplo, 30 años, que, frente a la vida de la humanidad, representa una cantidad 100.000 veces menor. En una cienmilésima de tiempo histórico se están produciendo unos acontecimientos de transformaciones hasta ahora desconocidas. El hombre de Atapuerca, datado en 750 o 800 mil años atrás vivió la época de la piedra tallada, y no conoció otra tecnología a lo largo de miles de generaciones.



Ahora estamos viviendo periodos de cambios turbulentos. Estamos en la época de la máquina digital, y yo creo que psicológica, orgánica y culturalmente todavía no somos sensibles a este nuevo mundo maquinal. Puede que nuestras mentes, nuestros sentidos, nuestros conceptos más modernos, nuestros planes de



estudio, se correspondan todavía con los modelos y esquemas de la Física mecánica clásica, del universo newtoniano. Y sin embargo, el mundo que la tecnología actual está construyendo se rige más por fuerzas pequeñas, electrónicas y electromagnéticas (Maxwell, Física del estado sólido, Mecánica cuántica), grandísimas velocidades (Einstein) y procesos termodinámicos irreversibles. Y a eso no hemos llegado.

Esto es lo que hace que vivamos una era de incertidumbre, una era muy compleja. Yo considero que la tecnología en general y la tecnología de la información en particular es la aventura de nuestro tiempo, una hermosa y arriesgada aventura. Lo único que tenemos que hacer es tener un poco de optimismo y acometerla como una aventura histórica.

A pesar de todo ello, nuestro planteamiento suele ser muy conservador: la gente de las sociedades acomodadas, que es donde está la tecnología avanzada, quiere conservar sus empresas, su puesto de trabajo, su riqueza, quiere tener seguridad y garantías. Sin embargo, es en estos tiempos cuando más aplicable es lo que decía San Juan de la Cruz: "Para llegar al lugar que no conoces, debes tomar el camino que no conoces". Esa es la aventura. Por lo menos hay una cosa que sí tenemos que salvaguardar, y es que aunque no sepamos muy bien hacia dónde vamos, por lo menos en lo tocante a la tecnología, y aunque pueda parecer un tanto retórico, ésta tiene que servir en último extremo para erradicar la pobreza y la ignorancia, para conservar el medio ambiente o mejorarlo, para curar las enfermedades degenerativas..., y para hacernos más libres.